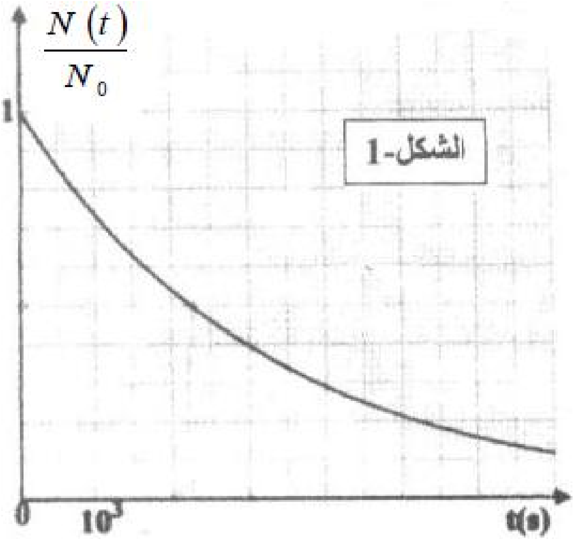
الوحدة الثانية : التحولات النووية	الـــــسنة الثالثة ثانوي
تمارين الوحدة الثانية من مواضيع شهادة التعليم الثانوي	شـــــعبة العلوم التجريبية – رياضيات – تقني رياضي

التمرين الأول : علوم تجريبية 2008

تقذف عينة من نظير الكلور $^{35}_{17}Cl$ المستقر (غير المشع) بالنيترونات . تلتقط النواة $^{35}_{17}Cl$ نيترونات لتتحول إلى نواة مشعة $^{A}_{Z}X$ توجد ضمن قائمة الأنوية المدونة بالجدول أدناه :

النواة	$^{38}_{17}Cl$	$^{39}_{17}Cl$	$^{31}_{14}Si$	$^{18}_{9}F$	$^{13}_{7}N$
زمن نصف العمر $t_{1/2}(s)$	2240	3300	9430	6740	594



سمحت متابعة النشاط الإشعاعي لعينة من $^{A}_{Z}X$ برسم المنحنى $\frac{N(t)}{N_0} = f(t)$ الموضح بالشكل -1-

حيث : N_0 عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة t $t = 0$.

$N(t)$ عدد الأنوية المشعة الموجودة في العينة في اللحظة t .

1. أ- عرف زمن نصف العمر $(t_{1/2})$.
   ب- عين قيمة زمن نصف العمر للنواة $^{A}_{Z}X$ بيانيا .
2. أ- أوجد العبارة الحرفية التي تربط $(t_{1/2})$ بثابت التفكك λ .
   ب- أحسب قيمة λ ثابت التفكك للنواة $^{A}_{Z}X$.
3. بالإعتماد على النتائج المتحصل عليها والقائمة الموجودة في الجدول عين النواة $^{A}_{Z}X$.
4. أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتحول النواة $^{35}_{17}Cl$ إلى النواة $^{A}_{Z}X$.
5. أحسب بالإلكترون فولط وبالميغا إلكترون فولط :
   أ- طاقة الربط للنواة $^{A}_{Z}X$.   ب- طاقة الربط لكل نوية .

المعطيات :

كتلة النيترون	كتلة البروتون	وحدة الكتل الذرية
$m_n = 1,00866u$	$m_p = 1,00728u$	$1u = 1,66 \times 10^{-27} Kg$
1 إلكترون–فولط	**سرعة الضوء في الفراغ**	**كتلة النواة $^{A}_{Z}X$**
$1ev = 1,6 \times 10^{-19} J$	$C = 3 \times 10^{8} m.s^{-1}$	$m_X = 37,9601\,1u$

الحل المفصل

1. أ- **تعريف زمن نصف العمر** : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية الإبتدائية أي $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$.
   ب- **تعين قيمة زمن نصف العمر للنواة $^{A}_{Z}X$ بيانيا .**
   من البيان لدينا الزمن الموافق لـ $\frac{N(t)}{N_0} = 0,5$ هو : $t_{1/2} = 2,24 \times 10^{3} = 2240s$.
2. **أ- إيجاد العبارة الحرفية التي تربط $(t_{1/2})$ بثابت التفكك λ .**

لدينا : $\frac{N_0}{2} = N(t_{1/2}) = N_0.e^{-\lambda.t_{1/2}}$ وبالتالي : $e^{-\lambda.t_{1/2}} = \frac{1}{2}$ ، بإدخال اللوغاريتم النبيري على الطرفين نجد : $\lambda.t_{1/2} = \ln 2$ ، ومنه : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

ب– حساب قيمة λ ثابت التفكك للنواة $_{Z}^{A}X$.

لدينا : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ ، وبالتالي : $\lambda = \frac{0,693}{2240} \approx 3,1\times 10^{-4}s^{-1}$.

3. تعين النواة $_{Z}^{A}X$.

حسب النتيجة المحصل عليها $t_{1/2} = 2240s$ والقائمة الموجودة في الجدول نستنتج أن النواة $_{Z}^{A}X$ هي نواة الكلور $_{17}^{38}Cl$.

4. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحول . $_{17}^{35}Cl + 3\,_{0}^{1}n \rightarrow \,_{17}^{38}Cl$.

5. أ– حساب طاقة الربط للنواة $_{17}^{38}Cl$.

$$E_l = (17m_p + 21m_n - m_X)\times 931,5 = (17\times 1,00728 + 21\times 1,00866 - 37,9601)\times 931,5$$

وبالتالي : $E_l = 321,8Mev$ ومنه : $E_l = 3,22\times 10^8 ev$.

ب– حساب طاقة الربط لكل نوية . $\frac{E_l}{A} = \frac{3,22\times 10^8}{38} = 8,47\times 10^6 ev$

التمرين الثاني : **علوم تجريبية 2008**

يستوجب إستعمال الأنديوم 192 أو السيزيوم 137 في الطب ، ووضعهما في أنابيب بلاستيكية قبل أن توضع على ورم المريض قصد العلاج .

1. نواة السيزيوم $_{55}^{137}Cs$ مشعة ، تصدر جسيمات β^- و إشعاعات γ .

أ– ما المقصود بالعبارة : (تصدر جسيمات β^- و إشعاعات γ) . ما سبب إصدار النواة لإشعاعات γ ؟

ب–أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الذي يحدث للنواة " الأب " مستنتجا النواة " الإبن" $_{Z}^{A}Y$ من بين الأنوية التالية : $_{54}^{131}Xe$ ، $_{56}^{137}Ba$ ، $_{57}^{138}La$

2. يحتوي أنبوب على عينة من السيزيوم $_{55}^{137}Cs$ كتلتها $m = 1,0\times 10^{-6}g$ عند اللحظة . أحسب :

أ– عدد الأنوية N_0 الموجودة في العينة .

ب– قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة .

3. تستعمل هذه العينة بعد ستة (06) أشهر من تحضيرها :

أ– ما مقدر النشاط الإشعاعي للعينة حينئذ ؟

ب– ما هي النسبة المئوية لأنوية السيزيوم المتفككة ؟

4. نعتبر نشاط هذه العينة معدوما عندما يصبح مساويا لـــ 1% من قيمته الإبتدائية ؟

– أحسب بدلالة ثابت الزمن τ المدة الزمنية اللازمة لانعدام النشاط الإشعاعي للعينة ، وهل يمكن تعميم هذه النتيجة على أي نواة مشعة ؟

يعطى : ثابت أفوغادرو : $N_A = 6,023\times 10^{23}mol^{-1}$ ، ثابت الزمن للسيزيوم ^{137}Cs : $\tau = 43,3ans$ ،

الكتلة المولية الذرية للسيزيوم 137 : $M_{(^{137}Cs)} = 137g.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. أ– **تحديد المقصود بالعبارة : (تصدر جسيمات β^- و إشعاعات γ) .**

تصدر جسيمات β^- : تفكك النواة بتحريرها لإلكترون ناتج عن تحول نيترون إلى بروتون .

إشعاعات γ : هي عبارة عن إشعاعات كهرو مغناطيسية ليست لها كتلة ولا شحنة وتحمل طاقة .

سبب إصدار النواة لإشعاعات γ : النواة الإبن تكون في حالة مثارة وباصدارها للإشعاعات γ فتتخلص من الطاقة الزائدة لتنتقل إلى حالتها الأساسية .

ب– **كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الحادث .** $_{55}^{137}Cs \rightarrow \,_{56}^{137}Ba + \,_{-1}^{0}e + \gamma$

2. أ– **تحديد عدد الأنوية N_0 الموجودة في العينة .**

لدينا : $N_0 = n_0\times N_A = \frac{m_0}{M}\times N_A$ وبالتالي : $N_0 = \frac{10^{-6}}{137}\times 6,023\times 10^{23} = 4,4\times 10^{15}noyaux$.

ب– **تحديد قيمة النشاط الإشعاعي لهذه العينة .**

لدينا : $A_0 = \lambda . N_0 = \frac{N_0}{\tau} = \frac{4,4\times 10^{15}}{43,3\times 365\times 25\times 3600}$ ومنه : $A_0 = 3,09\times 10^6 Bq$.

3. **أ– حساب النشاط الإشعاعي العينة بعد ستة (06) أشهر من تحضيرها .**

لدينا : $A(t) = A_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$ وبالتالي : $A(6mois) = 3,09\times 10^6 \times e^{-\frac{6}{43,3\times 12}} = 3,05\times 10^6 Bq$.

ب– تحديد النسبة المئوية لأنوية السيزيوم المتفككة .

لدينا : $r = \frac{|\Delta N|}{N_0} = \frac{|\Delta A|}{A_0} = \frac{A_0 - A}{A_0} = 1 - \frac{A}{A_0}$ وبالتالي : $r = 1 - \frac{3,05\times 10^6}{3,09\times 10^6} = 1,3\times 10^{-2} = 1,3\%$.

4. **تحديد المدة الزمنية لكي يصبح نشاط العينة مساويا لــ 1% من قيمته الإبتدائية .**

لدينا : $\frac{A}{A_0} = 1\%$ وبالتالي : $A = 0,01\times A_0$ وبالتالي : $e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{1}{100}$ أي : $e^{\frac{t}{\tau}} = 100$ إذن : $\frac{t}{\tau} = \ln 100$ ومنه : $t \approx 5.\tau$.

– نعم يمكن تعميم هذه النتيجة على أي نواة مشعة عدد أنويتها لا تتزايد بفعل تفكك أنوية أخرى .

التمرين الثالث : **رياضيات و تقني رياضي 2008**

1. لعنصر البولونيوم (Po) عدة نظائر مشعة ، أحدها فقط طبيعي .

أ– ما المقصود بكل من : النظير و النواة المشعة ؟

ب– نعتبر أحد النظائر المشعة ، نواته $({}^{A}_{Z}Po)$ و التي تتفكك إلى نواة الرصاص $({}^{206}_{82}Pb)$ و تصدر جسيما α .

– أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة النظير $({}^{A}_{Z}Po)$ ثم استنتج قيمتي A و Z .

2. ليكن N_0 عدد الأنوية المشعة الموجودة في عينة من النظير $({}^{A}_{Z}Po)$ في اللحظة $t=0$ ، $N(t)$ عدد الأنوية المشعة غير المتفككة الموجودة فيها في اللحظة t .

باستخدام كاشف للإشعاعات (α) مجهز بعداد رقمي تم الحصول على جدول القياسات التالي :

$t(jours)$	0	20	50	80	100	120
$\frac{N(t)}{N_0}$	1,00	0,90	0,78	0,67	0,61	0,55
$-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)$						

أ– إملأ الجدول السابق .

ب– أرسم على ورقة ميليمترية البيان : $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right) = f(t)$

يعطى سلم الرسم : – على محور الفواصل : $1cm \rightarrow 20\,jours$

– على محور التراتيب : $1cm \rightarrow 0,10$.

جـ– أكتب قانون التناقص الإشعاعي وهل يتوافق مع البيان السابق ؟ برر إجابتك .

د– إنطلاقا من البيان ، استنتج قيمة λ ، ثابت التفكك (ثابت الإشعاع) المميز للنظير $({}^{A}_{Z}Po)$.

هـ– أعط عبارة زمن نصف عمر $({}^{A}_{Z}Po)$ واحسب قيمته .

الحل المفصل :

1. أ– **تعريف النظير و النواة المشعة .**

النظائر : هي ذرات عنصر لها نفس العدد الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .

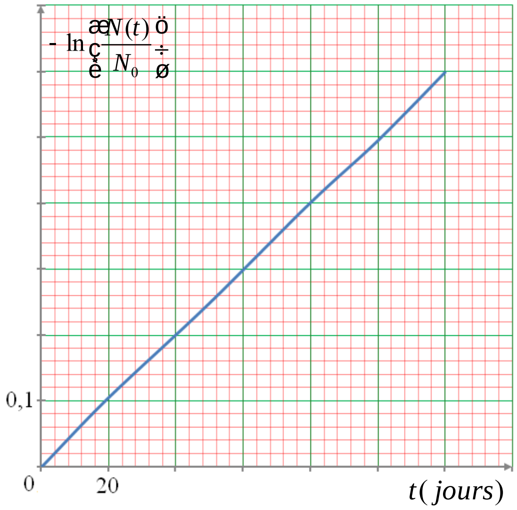
النواة المشعة : هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا إلى نواة أكثر استقرار مع اصدار جسيمات α أو β أو إشعاع γ .

ب– كتابة معادلة التفكك .

لدينا : ${}^{A}_{Z}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$.

إنحفاظ العدد الكتلي : $A = 206 + 4 = 210$ ، إنحفاظ العدد الكتلي : $Z = 82 + 2 = 84$ ، إذن النواة المشعة (المتفككة) هي : ${}^{210}_{84}Po$.

ومنه تكتب معادلة التفكك كما يلي : ${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$.



2. أ– ملء الجدول المعطى .

$t(jours)$	0	20	50	80	100	120
$-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)$	0	0,10	0,25	0,40	0,49	0,60

ب– رسم البيان : $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)=f(t)$.

البيان بالشكل المقابل .

جـ– كتابة قانون التناقص الإشعاعي .

يعطى قانون التناقص الإشعاعي بالعبارة : $N(t)=N_0.e^{-\lambda.t}$.

حيث : $N(t)$ عدد الأنوية غير المتفككة عند اللحظة t ؛ N_0 عدد الأنوية الإبتدائية ؛ λ ثابت التفكك .

إذن : $e^{-\lambda.t}=\frac{N(t)}{N_0}$ وبالتالي : $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)=\lambda.t$.

البيان عبارة عن خط مستقيم يشمل المبدأ معادلته من الشكل : $-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)=a.t$. ومنه قانون التناقص الإشعاعي متوافق مع البيان .

د– استنتاج قيمة ثابت التفكك λ .

من البيان نجد : $\lambda=a=\frac{\Delta\left[-\ln\left(\frac{N(t)}{N_0}\right)\right]}{\Delta t}=\frac{0,60-0}{120-0}=5\times10^{-3}\ jours^{-1}$

هـ– عبارة زمن نصف عمر $\left({}^{A}_{Z}Po\right)$ واحساب قيمته .

لدينا : $N(t_{1/2})=N_0.e^{-\lambda.t_{1/2}}=\frac{N_0}{2}$ وبالتالي : $e^{-\lambda.t_{1/2}}=\frac{1}{2}$ أي : $e^{\lambda.t_{1/2}}=2$ إذن : $t_{1/2}=\frac{\ln 2}{\lambda}$ ومنه : $t_{1/2}=\frac{0,693}{5\times10^{-3}}=138,6\ jours$.

التمرين الرابع : **رياضيات و تقني رياضي 2008**

توجد عدة طرق لتشخيص مرض السرطان ، منها طريقة التصوير الطبي التي تعتمد على تتبع جزيئات سكر الغلوكوز التي تستبدل فيها مجموعة $(-OH)$ بذرة الفلور 18 المشع . يتمركز سكر الغلوكوز في الخلايا السرطانية التي تستهلك كمية كبيرة منه . تتميز نواة الفلور ${}^{18}_{9}F$ بزمن نصف عمر $(t_{1/2}=110\min)$ ، لذا تحضر الجرعة في وقت مناسب قبل حقن المريض بها ، حيث يكون نشاط العينة لحظة الحقن $2,6\times10^{8}\,Bq$.

تتفكك نواة الفلور 18 إلى نواة الأكسجين ${}^{18}_{8}O$.

1. أكتب معادلة التفكك وحدد طبيعة الإشعاع الصادر .
2. بين أن ثابت التفكك λ يعطى بالعبارة $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ ، ثم أحسب قيمته .
3. حضر تقنيو التصوير الطبي جرعة (عينة) D تحتوي على ${}^{18}_{9}F$ في الساعة " الثامنة " صباحا لحقن المريض على الساعة " التاسعة " صباحا .

أ– أحسب عدد أنوية الفلور ${}^{18}_{9}F$ لحظة تحضير الجرعة .

ب– ما هو الزمن المستغرق حتى يصبح نشاط العينة مساويا 1% من النشاط الذي كان عليه في الساعة التاسعة ؟

الحل المفصل :

1. كتابة معادلة التفكك وتحديد طبيعة الإشعاع الصادر .

${}^{18}_{9}F\rightarrow{}^{18}_{8}O+{}^{0}_{1}e$ ومنه الإشعاع الصادر هو بوزيتون (نمط الإشعاع المنبعث هو β^{+})

2. إيجاد ثابت التفكك λ ، ثم حساب قيمته .

لدينا : $N\left(t_{1/2}\right)=\frac{N_0}{2}$ ولدينا من قانون التناقص الإشعاعي : $N\left(t_{1/2}\right)=N_0.e^{-\lambda.t_{1/2}}$.

وبالتالي : $e^{-\lambda.t_{1/2}}=\frac{1}{2}$ أي : $e^{\lambda.t_{1/2}}=2$ إذن : $\lambda.t_{1/2}=\ln 2$ ومنه : $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

إذن : $\lambda=\frac{0,693}{110\times 60}=1,05\times 10^{-4}s^{-1}$

3. أ- حساب عدد أنوية الفلور $^{18}_{9}F$ لحظة تحضير الجرعة .

لدينا : $A(t)=A_0.e^{\lambda.t}$ حيث $A_0=\lambda.N_0$ وبالتالي : $A(t)=\lambda.N_0.e^{\lambda.t}$.

إذن : $N_0=\frac{A(t)}{\lambda.e^{\lambda.t}}$. $N_0=\frac{2,6\times 10^{8}}{1,05\times 10^{-4}\times e^{-1,05\times 10^{-4}\times 3600}}=3,6\times 10^{12}\,noyaux$.

ب- تحديد الزمن المستغرق حتى يصبح نشاط العينة مساويا 1% من النشاط الذي كان عليه في الساعة التاسعة .

لدينا : $A(t)=1\%A_0=A_0.e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $e^{-\lambda.t}=\frac{1}{100}$ أي : $e^{\lambda.t}=100$ ؛ إذن : $\lambda.t=2\ln 10$

وبالتالي : $t=\frac{2}{\lambda}\ln 10=2.\frac{t_{1/2}}{\ln 2}.\ln 10$ ومنه $t==2\times\frac{110}{0,693}\times 2,3\approx 730\min=12h10\min$.

التمرين الخامس : — علوم تجريبية 2009

البولونيوم عنصر مشع ، نادر الوجود في الطبيعة ، رمزه الكيميائي Po ورقمه الذري 84 ، أكتشف أول مرة سنة 1898 م في أحد الخامات ، لعنصر البولونيوم عدة نظائر لا يوجد منها في الطبيعة سوى البولونيوم 210 يعتبر البولونيوم مصدر لجسيمات α لأن أغلب نظائره تصدر أثناء تفككها هذه الجسيمات .

1. ما المقصود بالعبارة :

أ- عنصر مشع . ب- للعنصر نظائر .

2. يتفكك البولونيوم 210 معطيا جسيمات α ونواة إبن هي $^{A}_{Z}Pb$.

أكتب معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي الحاصل محددا قيمة كل من A ، Z .

3. إذا علمت أن زمن نصف حياة البولونيوم 210 هو $t_{1/2}=138\,j$ وأن نشاط عينة منه في اللحظة $t=0$ هو $A_0=10^{8}Bq$ ، احسب :

أ- λ ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك) .

ب- N_0 عدد أنوية البولونيوم 210 الموجودة في العينة في اللحظة $t=0$.

جـ- المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد أنوية العينة مساويا رُبْعَ ما كان عليه في اللحظة $t=0$.

الحل المفصل :

1. أ- عنصر مشع : هو عنصر نواة ذرته غير مستقرة ، تتفكك تلقائيا باصدار إشعاعات (α أو β أو γ) لتتحول إلى نواة إبن أكثر إستقرارا و أقل خفة .

ب- للعنصر نظائر : أي توجد له مجموعة من الذرات تنتمي لنفس العنصر ، كلها لها نفس الرقم الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .

2. كتابة معادلة التفاعل المنمذج للتحول النووي .

تكتب معادلة التحول النووي الحاصل كما يلي : $^{210}_{84}Po\rightarrow\,^{A}_{Z}Pb+\,^{4}_{2}He$.

إنحفاظ العدد الكتلي : $210=A+4$ وبالتالي : $A=206$. **إنحفاظ العدد الذري** : $84=Z+2$ وبالتالي : $Z=82$.

ومنه تصبح المعادلة كما يلي : $^{210}_{84}Po\rightarrow\,^{206}_{82}Pb+\,^{4}_{2}He$.

3. أ- تحديد ثابت التفكك λ .

لدينا : $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ وبالتالي : $\lambda=\frac{0,693}{138\times 86400}=5,8\times 10^{-8}s^{-1}$.

ب- تحديد عدد الأنوية الإبتدائية N_0 .

لدينا : $A_0=\lambda N_0$ وبالتالي : $N_0=\frac{A_0}{\lambda}=\frac{10^{8}}{5,8\times 10^{-8}}=1,7\times 10^{15}\,noyaux$.

جـ- تحديد المدة الزمنية التي يصبح فيها عدد أنوية العينة مساويا لربع الأنوية الإبتدائية .

لدينا : $N(t)=\frac{N_0}{4}=N_0e^{-\lambda t}$ وبالتالي : $N(t)=\frac{N_0}{4}=N_0e^{-\lambda t}$ ، إذن : $e^{-\lambda t}=\frac{1}{4}$

وبالتالي : $\lambda t=2\ln 2$ أي : $t=2\frac{\ln 2}{\lambda}$ ومنه : $t=2\times t_{1/2}=2\times 138=276j$.

التمرين السادس : علوم تجريبية 2009

المعطيات : $m_p=1{,}0073u$ ، $m_n=1{,}0087u$ ، $m_e=0{,}00055u$ ، $C=3\times 10^8 m.s^{-1}$ ، $1u=931Mev/C^2$.

I- إليك جدول لمعطيات عن بعض أنوية الذرات :

أنوية العناصر	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$	${}^{4}_{2}He$	${}^{14}_{6}C$	${}^{14}_{7}N$	${}^{94}_{38}Sr$	${}^{140}_{54}Xe$	${}^{235}_{92}U$
(كتلة النواة) $M(u)$	2,0136	3,0155	4,0015	14,0065	14,0031	93,8945	139,8920	234,9935
$E(Mev)$ (طاقة ربط النواة)	2,23	8,57	28,41	99,54	101,44	810,50	1164,75	
$\frac{E}{A}(Mev)$ (طاقة الربط لكل نيكليون)	1,11		7,10		7,25	8,62		

1. ما المقصود بالعبارات التالية : أ- طاقة ربط النواة . ب- وحدة الكتلة (u) .
2. أكتب عبارة طاقة ربط النواة لنواة عنصر بدلالة كل من (m_X) كتلة النواة و m_n و m_p و A و Z وسرعة الضوء في الفراغ (C) .
3. أحسب طاقة ربط النواة لليورانيوم 235 بالوحدة (Mev) .
4. أكمل فراغات الجدول السابق .
5. ما اسم النواة (من بين المذكورة في الجدول السابق) الأكثر استقرارا ؟ علل .

II- إليك التحولات النووية لبعض العناصر من الجدول السابق :

أ- يتحول ${}^{14}_{6}C$ إلى ${}^{14}_{7}N$.

ب- ينتج ${}^{4}_{2}He$ ونيترون من نظيري الهيدروجين .

جـ- قذف ${}^{235}_{92}U$ بنيترون يعطي ${}^{140}_{54}Xe$ ، ${}^{94}_{38}Sr$ ، ونيترونين .

1. عبر عن كل تحول نووي بمعادلة نووية كاملة وموزونة .
2. صنف التحولات السابقة إلى : انشطارية ، إشعاعية أو تفككيه ، اندماجية .
3. أحسب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار ومن تفاعل الاندماج بالوحدة (Mev) .

الحل المفصل :

I- **1. التعـــــريفات :**

أ- **طاقة ربط النواة** : الطاقة اللازمة لتماسك نويات النواة .

ب- وحدة الكتلة : هي وحدة لقياس كتلة الجسيمات الصغيرة جدا وهي تمثل $\frac{1}{12}$ من كتلة ${}^{12}C$.

أي : $1u=\frac{1}{12}m_{{}^{12}C}=\frac{1}{N_A}=1{,}66\times 10^{-27}kg$.

2. عبارة طاقة ربط النواة .

تعطى عبارة طاقة الربط بالعبارة : $E_l=\left(Z.m_p+(A-Z)m_n-m_X\right).C^2$.

3. حساب طاقة ربط نواة اليورانيوم 235.

لدينا : $E_l=\left(92m_p+143m_n-m_U\right).C^2$ ،

وبالتالي: $E_l=(92\times 1{,}0073+143\times 1{,}0087-234{,}9935)\times 931{,}5$.

ومنه : $E_l=1{,}79\times 10^3 Mev$.

4. تكـــــملة الجـــــدول.

أنـــوية العناصر	$^{3}_{1}H$	$^{14}_{6}C$	$^{140}_{54}Xe$	$^{235}_{92}U$
$\frac{E}{A}(Mev)$ (طاقة الربط لكل نيكليون)	$\frac{8,57}{3}=2,86$	$\frac{99,54}{14}=7,11$	$\frac{1164,75}{140}=8,32$	$\frac{1790}{235}=7,61$

5. تحديد النواة الأكثر استقرارا .

النواة الأكثر استقرار هي النواة التي تملك طاقة ربط لكل نكليون أكبر ، وبالتالي النواة $^{94}_{38}Sr$ هي الأكثر استقرارا .

II– 1. كتابة معادلة التحولات النووية المعطاة .

(أ) $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$ (ب) $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ (ج) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n$.

2. تصنيف التحولات السابقة .

(أ) إشعاعية أو تفككيه (ب) اندماجية (ج) انشطارية .

3. حساب الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار ومن تفاعل الاندماج .

لدينا التفاعل : $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$ وبالتالي : $E_{lib} = E_l\left({}^{4}_{2}He\right) - E_l\left({}^{2}_{1}H\right) - E_l\left({}^{3}_{1}H\right)$

إذن : $E_{lib} = 28,41 - 2,23 - 8,57 = 17,61MeV$

لدينا التفاعل : $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n$ وبالتالي : $E_{lib} = E_l\left({}^{94}_{38}Sr\right) + E_l\left({}^{140}_{54}Xe\right) - E_l\left({}^{235}_{92}U\right)$

إذن : $E_{lib} = 810,50 + 1164,75 - 1790,0 = 185,25MeV$

التمرين السابع : رياضيات و تقني رياضي 2009

إن نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ مشعة تصدر جسيما α .

1. ماذا تمثل الأرقام 226 و 88 بالنسبة $^{226}_{88}Ra$ ؟
2. أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك النواة $^{226}_{88}Ra$ ، مستنتجا النواة الإبن $^{A}_{B}X$ من بين الأنوية التالية : $_{83}Bi$ ، $_{82}Pb$ ، $_{86}Rn$ ، $_{89}Ac$.
3. علما أن ثابت تفكك الراديوم المشع $\lambda = 1,36\times 10^{-11}s^{-1}$ ، إستنتج زمن نصف حياة الرديوم $^{226}_{88}Ra$.
4. نعتبر عينة كتلتها $m_0 = 1mg$ من أنوية الراديوم $^{226}_{88}Ra$ عند اللحظة $t_0 = 0$ ولتكن m كتلة العينة عند اللحظة t :

أ– عرف زمن نصف الحياة $t_{1/2}$. أوجد العلاقة بين عدد الأنوية N وكتلة العينة في اللحظة t ثم أكمل الجدول التالي :

t	t_0	$t_{1/2}$	$2t_{1/2}$	$3t_{1/2}$	$4t_{1/2}$	$5t_{1/2}$
$m(mg)$						

ب– ما هي كتلة العينة المتفككة عند اللحظة $t = 5t$ (حيث t ثابت الزمن) ؟ ماذا تستنتج ؟

جـ– أرسم البيان : $m = f(t)$.

الحل المفصل :

1. تحديد دلالة الأرقام 226 و 88 بالنسبة $^{226}_{88}Ra$.

يمثل 226 عدد النكليونات (العدد الكتلي A) و يمثل 88 عدد النكليونات (العدد الكتلي Z)

2. كتابة معادلة تفكك النواة $^{226}_{88}Ra$.

لدينا : $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{A}_{B}X + {}^{4}_{2}He$.

إنحفاظ العدد الكتلي : $226 = A + 4$ أي : $A = 222$ ، إنحفاظ العدد الذري : $88 = B + 2$ أي : $B = 86$. وبالتالي : النواة $^{A}_{B}X$ هي : $^{222}_{86}Rn$.

ومنه تكتب معادلة التفكك على الشكل : $^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$.

3. إستنتاج زمن نصف حياة الرديوم $^{226}_{88}Ra$.

لدينا : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ وبالتالي : $t_{1/2} = \frac{0,693}{1,36\times 10^{-11}} = 5,1\times 10^{10}s$

4. أ– **تعريف زمن نصف الحياة ، ثم تكملة الجدول المعطى .**

تعريف زمن نصف الحياة : هو المدة الضرورية لتفكك نصف عدد الأنوية الإبتدائية أي : $N\left(t_{\frac{1}{2}}\right)=\dfrac{N_0}{2}$.

لدينا : $N=n.N_A$ وبالتالي : $N=\dfrac{m}{M}.N_A$ ولدينا : $N\left(n.t_{\frac{1}{2}}\right)=\dfrac{N_0}{2^n}$ إذن : $m\left(n.t_{\frac{1}{2}}\right)=\dfrac{m_0}{2^n}$.

t	t_0	$t_{\frac{1}{2}}$	$2t_{\frac{1}{2}}$	$3t_{\frac{1}{2}}$	$4t_{\frac{1}{2}}$	$5t_{\frac{1}{2}}$
$m(mg)$	$m_0=1$	$\dfrac{m_0}{2}=0,5$	$\dfrac{m_0}{4}=0,25$	$\dfrac{m_0}{8}=1,25\times 10^{-1}$	$\dfrac{m_0}{16}=6,25\times 10^{-2}$	$\dfrac{m_0}{32}=3,12\times 10^{-2}$

ب– **تحديد كتلة العينة المتفككة عند اللحظة** $t=5t$.

لدينا : $N(t)=N_0.e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $m(t)=m_0.e^{-\lambda.t}$

إذن الكتلة غير المتفككة عند اللحظة $t=5t$ هي :

$m(5t)=m_0.e^{-\lambda.5t}=m_0.e^{-5}\approx 0$.

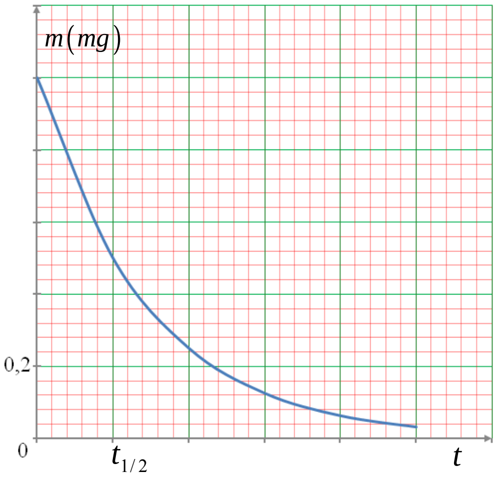
ومنه كتلة العينة المتفككة عند اللحظة $t=5t$ هي :

$m'=m_0-m(5t)\approx m_0$.

الإستنتاج : عند اللحظة $t=5t$ يكون النشاط الإشعاعي لعينة شبه معدوم .

جـ– **أرسم البيان :** $m=f(t)$.

البيان بالشكل المقابل .



التمرين الثامن : **رياضيات و تقني رياضي 2009**

إن نواة البولونيوم $^{210}_{84}Po$ مشعة فتتحول إلى نواة الرصاص $^{206}_{82}Pb$ وتصدر جسيما .

1. أكتب معادلة التفاعل المنمذج لتفكك نواة البولونيوم $^{210}_{84}Po$ ، حدد طبيعة الجسم الصادر .
2. عين عدد الأنوية N_0 المحتواة في عينة من البولونيوم $^{210}_{84}Po$ كتلتها $m_0=10^{-5}g$.
3. سمح قياس النشاط الإشعاعي في لحظات مختلفة t بمعرفة عدد الأنوية المتبقية N في العينة السابقة والمدونة في الجدول التالي :

$t(jours)$	0	40	80	120	160	200	240
$\dfrac{N}{N_0}$	1,00	0,82	0,67	0,55	0,45	0,37	0,30

أ– أرسم البيان الذي يعطي تغيرات $\left(-\ln\dfrac{N}{N_0}\right)$ بدلالة الزمن : $-\ln\dfrac{N}{N_0}=f(t)$.

السلم : $1cm \rightarrow 40j$: t ، $1cm \rightarrow 0,2$: $-\ln\dfrac{N}{N_0}$.

ب– استنتج من البيان ثابت التفكك λ ، وزمن نصف حياة البولونيوم $^{210}_{84}Po$.

جـ– ما هو الزمن اللازم لكي تصبح كتلة العينة تساوي $\dfrac{1}{100}$ من قيمتها الإبتدائية (m_0) ؟

يعطى : ثابت أفوغادرو $N_A=6,023\times 10^{23}mol^{-1}$ ، $M(Po)=210g.mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. كتابة معادلة تفكك نواة البولونيوم $^{210}_{84}Po$ **وتحديد طبيعة الجسم الصادر .**

$$^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{206}_{82}Pb+{}^{4}_{2}He$$

الجسم الصادر هو نواة هيليوم : $^{4}_{2}He$ أي جسيم α .

.2 تعين عدد الأنوية N_0 .

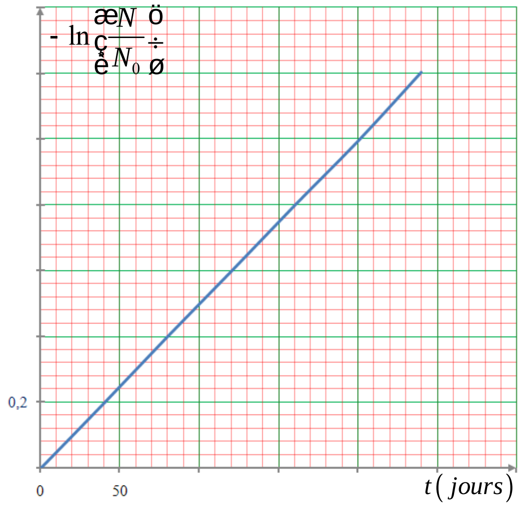
لدينا : $N_0 = n_0.N_A = \frac{m_0}{M} N_A$ وبالتالي : $N_0 = \frac{10^{-5}}{210} \times 6,023 \times 10^{23} = 2,87 \times 10^{16} noyaux$.

.3 ملء الجـــــــــدول .

$t(jours)$	0	40	80	120	160	200	240
$-\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	0,99	1,20

أ– رسم البيان الذي: $-\ln\frac{N}{N_0} = f(t)$.

البيان بالشكل المقابل .



ب– استنتاج ثابت التفكك ، λ وزمن نصف حياة البولونيوم ${}^{210}_{84}Po$.

البيان عبارة عن خط مستقيم يمر بالمبدأ معادلته من الشكل : $-\ln\frac{N}{N_0} = a.t$.

حيث $a = \frac{0,8-0}{160-0} = 5 \times 10^{-3} j^{-1}$.

ولدينا : $N = N_0.e^{-\lambda.t}$ إذن : $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $-\ln\frac{N}{N_0} = \lambda.t$.

بالمطابقة نجد : $\lambda = a = 5 \times 10^{-3} j^{-1}$

إذن : $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{5 \times 10^{-3}} = 138,6\, j$.

جـ– تحديد الزمن اللازم لكي تصبح كتلة العينة تساوي $\frac{1}{100}$ من قيمتها الإبتدائية .

لدينا : $N = N_0.e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $m = m_0.e^{-\lambda.t}$ إذن : $\frac{m_0}{100} = m_0.e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $e^{\lambda.t} = 100$.

إذن : $t = \frac{2\ln 10}{\lambda}$ أي : $t = 2.t_{1/2}.\frac{\ln 10}{\ln 2}$ ومنه : $t = 2 \times 138,6 \times \frac{2,302}{0,693} = 920,8\, jours = 2,52 ans$.

التمرين التاسع : **علوم تجريبية 2010**

يوجد عنصر الكربون في دورته الطبيعية على شكل نظيرين مستقرين هما الكربون 12 والكربون 13 ونظير مشع (غير مستقر) هو الكربون 14، والذي يبلغ زمن نصف عمره $t_{1/2} = 5570 ans$.

المعطيات : الكربون 12 : ${}^{12}_{6}C$ ، الكربون 13 : ${}^{13}_{6}C$ ، الكربون 14 : ${}^{14}_{6}C$ ، الآزوت 14 : ${}^{14}_{7}N$.

.1 أعط تركيب نواة الكربون 14 .

.2 أ– إن قذف نواة الآزوت بنيترون هو تحول نووي يعبر عنه بالمعادلة التالية : ${}^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{A}_{Z}Y_1 + {}^{1}_{1}H$.

بتطبيق قانوني الإنحفاظ حدد النواة ${}^{A}_{Z}Y_1$.

ب– إن تفكك نواة الكربون 14 يعطي نواة إبن ${}^{A'}_{Z'}Y_2$ وجسيم β^- . أكتب معادلة التفاعل النووي الموافق واذكر اسم العنصر Y_2 .

.3 يعطى قانون التناقص الإشعاعي بالعلاقة : $N(t) = N_0.e^{-\lambda t}$.

أ– ماذا تمثل المقادير التالية $N(t)$ ، N_0 ، λ ؟

ب– بين أن : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

جـ– أوجد وحدة λ باستعمال التحليل البعدي .

د– أحسب القيمة العددية للمقدار λ المميز للكربون 14 .

.4 سمح تأريخ قطعة من الخشب القديم كتلتها $m(g)$ اكتشفت عام 2000 ، بمعرفة النشاط الإشعاعي A لهذه العينة والذي قدر بـــ 11,3 تفككا في الدقيقة ، في حين قدر النشاط A_0 لعينة حية مماثلة بـــ 13,6 تفككا في الدقيقة .

§ اكتب عبارة $A(t)$ بدلالة A_0 و λ و t ثم أحسب عمر قطعة الخشب القديم ، وما هي سنة قطع الشجرة التي انحدرت منها ؟

الحل المفصل :

.1 تتكون نواة الكربون 14 من : $A = 14$ نيكليون ؛ $Z = 6$ بروتونات و $N = A - Z = 8$ نيترونات .

.2 أ– تحديد النواة $^{A}_{Z}Y_1$:

حسب قانون إنحفاظ العدد الكتلي : $14+1 = A+1$ ، وبالتالي : $A = 14$.

حسب قانون إنحفاظ العدد الذري : $7+0 = Z+1$ ، وبالتالي : $Z = 6$.

ومنه رمز النواة الإبن هو : $^{14}_{6}C$.

ب– كتابة معادلة تفكك نواة الكربون 14 : $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$ ، النواة الإبن الناتجة هي نواة الآزوت 14 .

.3 يعطى قانون التناقص الإشعاعي بالعلاقة : $N(t) = N_0 . e^{-\lambda t}$.

أ– تحديد دلالة المقادير التالية $N(t)$ ، N_0 ، λ

$N(t)$: عدد الأنوية غير المتفككة (المتبقية) من العينة ؛ N_0 : عدد الأنوية المشعة الابتدائية ؛ λ : ثابت النشاط الإشعاعي .

ب– إيجاد عبارة λ .

لدينا : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$ ؛ إذن : $N_0 . e^{-\lambda . t_{1/2}} = \dfrac{N_0}{2}$ ؛ وبالتالي : $e^{-\lambda . t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$ ؛ إذن : $-\lambda . t_{1/2} = -\ln 2$ ، ومنه : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

جـ– إيجاد وحدة λ باستعمال التحليل البعدي .

لدينا : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ ، وبالتالي : $[\lambda] = \dfrac{1}{[T]}$ ، ومنه وحدة λ هي مقلوب وحدة الزمن s^{-1} .

د– حساب λ .

لدينا : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$ ، وبالتالي : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{5570 \times 365 \times 24 \times 3600}$ ، ومنه : $\lambda = 2,94 \times 10^{-12} s^{-1}$.

.4 كتابة عبارة $A(t)$ ؛ ثم تحديد عمر القطعة الخشبية وسنة قطع الشجرة التي انحدرت منها .

لدينا : $N(t) = N_0 . e^{-\lambda t}$ ، ولدينا : $A(t) = -\dfrac{dN}{dt}$ ؛ إذن : $A(t) = \lambda . N_0 . e^{-\lambda t}$ ، ومنه : $A(t) = A_0 . e^{-\lambda t}$ ،

إذن : $e^{-\lambda t} = \dfrac{A(t)}{A_0}$ ؛ أي : $t = -\dfrac{1}{\lambda} \ln\left(\dfrac{A(t)}{A_0}\right)$ ، ومنه : $t = \dfrac{t_{1/2}}{\ln 2} . \ln\left(\dfrac{A_0}{A(t)}\right)$.

إذن : $t = \dfrac{5570}{0,693} . \ln\left(\dfrac{13,6}{11,3}\right)$ ، ومنه عمر قطعة الخشب هو : $t \approx 1489 ans$.

وبالتالي سنة قطع الشجرة هو : $t_0 \approx 2000 - 1489 = 511 ans$.

التمرين العاشر : علوم تجريبية 2010

عثر عمال أثناء الحفريات الجارية في بناء مجمعات سكنية على جمجمتين بشريتين إحداهما (a) سليمة والثانية (b) مهشمة جزئيا . إقترح العمال فرضيتان :

§ يرى الفريق الأول أن الجمجمتين لشخصين عاشا في نفس الحقبة الزمنية .

§ يرى الفريق الثاني أن العوامل الطبيعية كانجراف التربة والإنكسارات الصخرية جمعت بين الجمجمتين ، رغم أنهما عاشا في حقبتين مختلفتين (تقدر الحقبة بـــ 70 سنة) .

تدخل فريق ثالث (خبراء علم الآثار) للفصل في القضية معتمدا النشاط الإشعاعي للكربون ^{14}C .

علما أن المادة الحية يتجدد فيها الكربون ^{14}C المشع لجسيمات (β^-) باستمرار ، وبعد الوفاة تتوقف هذه العملية .

أخذ الفريق الثالث عينة من كل جمجمة (العينتان متساويتان في الكتلة) وقاس نشاطهما الإشعاعي حيث كانت النتيجتين على الترتيب : $A_{(a)} = 5000 Bq$ و $A_{(b)} = 4500 Bq$ ، علما أن نشاط عينة حديثة مماثلة لهما لهما هو $A_0 = 6000 Bq$ ، ونصف عمر ^{14}C هو $t_{1/2} = 5570 ans$.

1. أكتب معادلة تفكك الكربون $^{14}_{6}C$ ، وتعرف على النواة الإبن (غير المثارة) من بين الأنوية التالية : $^{16}_{8}O$ أو $^{14}_{7}N$ أو $^{19}_{9}F$.
2. أكتب علاقة النشاط الإشعاعي $A(t)$ للعينة بدلالة : A_0 ، t ، $t_{1/2}$.
3. كيف حسم الفريق الثالث في القضية ؟
4. أحسب بالإلكترون فولط وبالجول طاقة ربط نواة الكربون 14 .

يعطى : $1u = 931,5 Mev.C^{-2}$ ، $1Mev = 1,6\times 10^{-13} J$ ، $m_P = 1,00728u$.

$m_{^{14}_{6}C} = 14,00324u$ ، $1ev = 1,6\times 10^{-19} J$ ، $m_n = 1,00866u$.

الحل المفصل :

1. **كتابة معادلة تفكك الكربون** $^{14}_{6}C$.

$^{14}_{6}C \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{-1}e$ ، لدينا حسب قانون صودي : $14 = A + 0$ و $14 = Z - 1$ وبالتالي : $A = 14$ ، $Z = 7$.

ومنه تعطى معادلة التفكك النووي كالتالي : $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$.

2. **كتابة علاقة النشاط الإشعاعي $A(t)$ للعينة بدلالة** : A_0 ، t ، $t_{1/2}$.

تعطى علاقة النشاط الإشعاعي بالعبارة: $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$ ، ولدينا : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ ، وبالتالي : $A(t) = A_0.e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t}$.

حيث: $A(t)$ نشاط العينة في اللحظة t ، A_0 نشاطها الابتدائي ، λ ثابت النشاط الإشعاعي ، و $t_{1/2}$ نصف عمر النواة ^{14}C .

3. **تحديد كيفية حسم الفريق الثالث في القضية ؟**

لدينا: $A(t) = A_0.e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t}$ وبالتالي: $\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right) = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}}.t$ إذن: $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$.

العينة الأولى (a) : $t_a = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\left(\frac{A_0}{A_a}\right) = \frac{5570}{0,693}\ln\left(\frac{6000}{5000}\right)$ ، $t_a = 1465,41ans$.

العينة الثانية (b) : $t_b = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\left(\frac{A_0}{A_a}\right) = \frac{5570}{0,693}\ln\left(\frac{6000}{4500}\right)$ ، $t_b = 2312,25ans$.

$t_b - t_a = 2312,25 - 1465,41 = 846,84ans$ ومنه الجمجمتان لا ينتميان لنفس الحقبة الزمنية.

4. **حساب طاقة ربط نواة الكربون 14** .

لدينا: $E_l\left({}^{14}_{6}C\right) = \left(Z.m_p + (A-Z)m_n - m_C\right).C^2$.

وبالتالي: $E_l\left({}^{14}_{6}C\right) = \left(6\times 1,00728 + (14-6)\times 1,00866\right)C^2 \times \frac{931,5}{C^2}$.

ومنه : $E_l\left({}^{14}_{6}C\right) = 102,20Mev = 102,20\times 10^6 ev$.

التمرين الحادي عشر : رياضيات و تقني رياضي 2010

جُهِزَ مخبر بمنبع يحتوي على السيزيوم 137 المشع الذي يتميز بزمن نصف العمر $t_{1/2} = 30,2ans$ يبلغ النشاط الإشعاعي الإبتدائي لذا المنبع $A_0 = 3,0\times 10^5 Bq$.

1. تتفكك أنوية السيزيوم $^{137}_{55}Cs$ مُصْدِرًا جسيمات β^- .
   - أ- أكتب معادلة التفاعل النووي المنمذج لتفكك السيزيوم 137 .
   - ب- احسب قيمة λ ثابت التفكك لنواة السيزيوم .
   - جـ- احسب m_0 كتلة السيزيوم 137 الموجودة في المنبع لحظة استلامه .
2. أ- اكتب عبارة قانون النشاط الإشعاعي $A(t)$ للمنبع .
   - ب- كم تصبح قيمة نشاط المنبع بعد سنة ؟
   - جـ- ما قيمة التغير النسبي للنشاط الإشعاعي خلال سنة واحدة ؟

3. يصبح المنبع غير صالح للإستعمال عندما يصبح لنشاطه الاشعاعي قيمة حدية تساوي عشر قيمته الإبتدائية $A(t)=\frac{A_0}{10}$ ، كم يدوم استغلال المنبع ؟

المعطيات :

$N_A=6,02\times10^{23}mol^{-1}$ ، $M_{(^{137}Cs)}=136,9g/mol$.

$_{53}I$	$_{54}Xe$	$_{55}Cs$	$_{56}Ba$	$_{57}La$

الحل المفصل :

1. **أ– معادلة التفكك :** $^{137}_{55}Cs \rightarrow \ ^{137}_{56}Ba+\ ^{0}_{-1}e$.

ب– حساب ثابت التفكك للسيزيوم :

لدينا : $\lambda=\frac{\ln 2}{t_{1/2}}=\frac{0,693}{30,2}$ ومنه : $\lambda=0,023ans^{-1}=7,27\times10^{-10}s^{-1}$.

ج– حساب m_0 كتلة السيزيوم 137 الابتدائية .

لدينا : $A_0=\lambda N_0=\lambda N_A\frac{m_0}{M}$ ، وبالتالي : $m_0=\frac{A_0M}{\lambda N_A}$.

إذن : $m_0=\frac{3\times10^5\times136,9}{7,27\times10^{-10}\times6,02\times10^{23}}$ ، ومنه : $m_0=9,4\times10^{-8}g$.

2. أ– يعطى قانون النشاط الإشعاعي بالعبارة : $A(t)=A_0e^{-\lambda t}$.

حيث : A_0 النشاط الإبتدائي للعينة و $A(t)$ نشاطها الإشعاعي في اللحظة t و λ ثابت النشاط الإشعاعي .

ب– تحديد النشاط الإشعاعي بعد سنة .

لدينا : $A(t)=A_0e^{-\lambda t}$ ، وبالتالي : $A(1ans)=3\times10^5e^{-0,023\times1}$ إذن : $A(1ans)=2,93\times10^5Bq$.

ج–حساب التغير النسبي :

لدينا : $\frac{\Delta A}{A_0}=\frac{|A-A_0|}{A_0}=\frac{|2,93-3|\times10^5}{3\times10^5}$ ، ومنه : $\frac{\Delta A}{A_0}=0,023=2,3\%$.

3. **تحديد مدة صلاحية المنبع .**

يصبح المنبع غير صالح لما : $A(t)=\frac{A_0}{10}$ ، وبالتالي : $\frac{A_0}{10}=A_0e^{-\lambda t}$ ، إذن : $\lambda t=\ln 10$.

أي : $t=\frac{\ln 10}{\lambda}=\frac{2,30}{0,023}$. ومنه : $t\approx100ans$.

التمرين الثاني عشر : رياضيات وتقني رياضي 2010

لا يوجد البلوتونيوم $^{241}_{94}Pu$ في الطبيعة ، وللحصول على عينة من أنويته يتم قذف نواة $^{238}_{92}U$ في مفاعل نووي بعدد x من النيترونات . حيث يمكن نمذجة هذا التحول النووي بتفاعل معادلته : $^{238}_{92}U+x\,^{1}_{0}n \rightarrow \ ^{241}_{94}Pu+y\,^{0}_{-1}n$ . .

1. أ– بتطبيق قانوني الإنحفاظ عين قيمتي x و y .

ب– تصدر نواة البلوتونيوم $^{241}_{94}Pu$ أثناء تفككها جسيمات β^- ونواة الأمريكيوم $^{A}_{Z}Am$.

اكتب معادلة التفاعل النووي للبلوتونيوم وحدد قيمتي العددين A ، Z .

ج– احسب قيمة طاقة الربط لكل نيوكليون (نوية) مقدرة بـــ MeV لنواتي $^{241}_{94}Pu$ و $^{A}_{Z}Am$ ثم استنتج أيهما أكثر استقرارا .

2. تحتوي عينة من البلوتونيوم ^{241}Pu المشع في اللحظة $t=0$ على N_0 نواة .

بدراسة نشاط هذه العينة في أزمنة مختلفة تم الحصول على النسبة $\frac{A(t)}{A_0}$ حيث $A(t)$ نشاط العينة في اللحظة t و A_0 نشاطها في اللحظة $t=0$ فحصلنا على النتائج التالية :

$t(ans)$	0	3	6	9	12
$\frac{A(t)}{A_0}$	1,00	0,85	0,73	0,62	0,53

أ– ارسم على ورقة ميليمترية البيان : $\ln\frac{A(t)}{A_0}=f(t)$

ب– اكتب عبارة المقدار $\ln\frac{A(t)}{A_0}$ بدلالة λ و t .

ج– عين بيانيا قيمة ثابت التفكك λ و استنتج قيمة زمن نصف عمر البلوتونيوم $t_{1/2}$ ^{241}Pu .

المعطيات :

$1u=931,5\frac{MeV}{c^2}$ ، $m(n)=1,00866u$ ، $m\left({}_Z^AAm\right)=241,00457u$ ، $m(p)=1,00728u$ ، $m\left({}^{241}Pu\right)=241,00514u$

الحل المفصل :

1. أ– تعين قيمتي x و y .

إنحفاظ العدد الكتلي : $238+x=241$ أي : $x=241-238=3$.

إنحفاظ العدد الذري : $92=94-y$ أي : $y=94-92=2$.

ومنه تكتب معادلة التفاعل كما يلي : ${}_{92}^{238}U+3\,{}_0^1n\rightarrow{}_{94}^{241}Pu+2\,{}_{-1}^{0}n$.

ب– كتابة معادلة التحول النووي للبلوتونيوم .

لدينا : ${}_{94}^{241}Pu\rightarrow{}_Z^AAm+{}_{-1}^{0}e$.

إنحفاظ العدد الكتلي : $A=241$ ؛ إنحفاظ العدد الذري : $94=Z-1$ أي : $Z=95$. وبالتالي : ${}_{94}^{241}Pu\rightarrow{}_{95}^{241}Am+{}_{-1}^{0}e$.

جـ– حساب قيمة طاقة الربط لكل نيكليون لنواتي ${}_{94}^{241}Pu$ و ${}_Z^AAm$ و استنتاج أيهما أكثر استقرارا .

لدينا : $E_l\left({}_{94}^{241}Pu\right)=\Delta m\times c^2$ حيث : $\Delta m=Z.m_p+(A-Z)m_n-m_{(Pu)}$.

وبالتالي : $\Delta m=94\times1,00728+147\times1,00866-241,00514=1,9522u$.

ومنه : $E_l\left({}_{94}^{241}Pu\right)=1,9522\times931,5=1818,47MeV$

إذن : $\frac{E_l\left({}_{94}^{241}Pu\right)}{A}=\frac{1818,47}{241}=7,5455MeV/nucléon$.

و لدينا : $E_l\left({}_{95}^{241}Am\right)=\Delta m\times c^2$ حيث : $\Delta m=Z.m_p+(A-Z)m_n-m_{(Am)}$.

وبالتالي : $\Delta m=95\times1,00728+146\times1,00866-241,00457=1,95139u$.

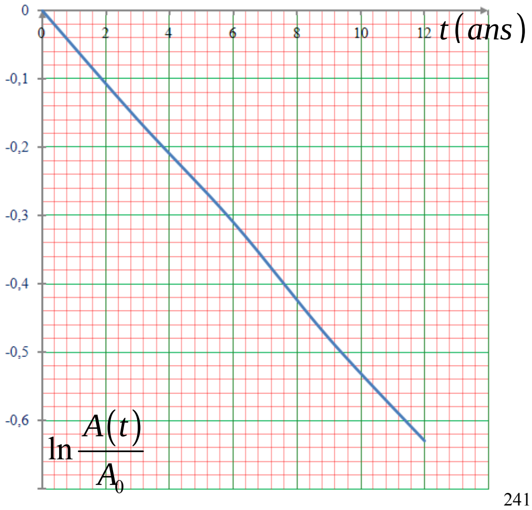
ومنه : $E_l\left({}_{95}^{241}Am\right)=1,95139\times931,5=1817,72MeV$

إذن : $\frac{E_l\left({}_{95}^{241}Am\right)}{A}=\frac{1817,72}{241}=7,5424MeV/nucléon$.

نلاحظ أن : $\frac{E_l\left({}_{94}^{241}Pu\right)}{A}>\frac{E_l\left({}_{95}^{241}Am\right)}{A}$ وبالتالي النواة ${}_{94}^{241}Pu$ هي الأكثر استقرارا من النواة ${}_{95}^{241}Am$.

2. أ– رسم البيان : $\ln\frac{A(t)}{A_0}=f(t)$.

$t(ans)$	0	3	6	9	12
$\ln\frac{A(t)}{A_0}$	0	$-0,16$	$-0,31$	$-0,48$	$-0,63$



ب– كتابة عبارة المقدار $\ln\frac{A(t)}{A_0}$ بدلالة λ و t .

لدينا : $A(t)=A_0.e^{-\lambda.t}$ وبالتالي : $\frac{A(t)}{A_0}=e^{-\lambda.t}$ ومنه : $\ln\frac{A(t)}{A_0}=-\lambda.t$.

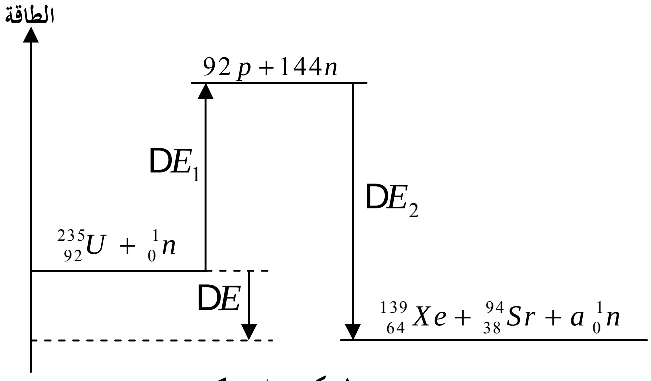
جـ– تعين بيانيا قيمة ثابت التفكك λ و استنتاج قيمة زمن نصف عمر البلوتونيوم $t_{1/2}$ ${}^{241}Pu$.

البيان عبارة عن خط مستقيم يشمل المبدأ ميله سالب معادلته من الشكل : $\ln\frac{A(t)}{A_0}=a.t$.

حيث : $a=\frac{-0,63-(-0,16)}{9-3}=-0,052ans^{-1}$. وبالتالي : $\lambda=-a=0,052ans^{-1}$. إذن : $t_{1/2}=\frac{\ln2}{\lambda}=\frac{0,693}{0,052}=13,3ans$.

التمرين الثالث عشر : علوم تجريبية 2011

المخطط الطاقوي (الشكل –1) يمثل الحصيلة الطاقوية لتفاعل انشطار نواة اليورانيوم ${}_{92}^{235}U$ إلى ${}_{38}^{94}Sr$ و ${}_{64}^{139}Xe$ إثر قذفها بنيترون ${}_0^1n$.



الشكـــــل -1

1. أ- عرف طاقة الربط E_l للنواة واكتب عبارتها الحرفية .
ب- أعط عبارة طاقة الربط لكل نوية .
2. أ- اكتب معادلة انشطار نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$.
ب- يعرف التفاعل السابق على أنه تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا . لماذا ؟
3. احسب بـــ MeV كلا من : ΔE_1 ، ΔE_2 ، ΔE_3 .
4. أ- احسب بالجول مقدار الطاقة المحررة عن انشطار $1g$ من ${}^{235}_{92}U$.
ب- على أي شكل تظهر هذه الطاقة المحررة ؟

المعطيات : $\frac{E_l}{A}\left({}^{235}_{92}U\right)=7,62MeV/nucléon$ ، $\frac{E_l}{A}\left({}^{139}_{64}Xe\right)=8,34MeV/nucléon$ ، $\frac{E_l}{A}\left({}^{94}_{38}Sr\right)=8,62MeV/nucléon$ ،

$1MeV=1,6\times10^{-13}J$ ، $N_A=6,02\times10^{23}mol^{-1}$.

الحل المفصل :

1. أ- تعريف طاقة الربط E_l للنواة وكتابة عبارتها الحرفية .

طاقة الربط : هي أصغر طاقة لازمة لتفكيك النواة لمكوناتها (الطاقة تماسك النويات) .

وتعطى عبارتها بـــالعلاقة $E_l=\Delta m.C^2=\left(Z.m_p+(A-Z).m_n-m_X\right).C^2$.

ب- عبارة طاقة الربط لكل نوية . $E=\frac{E_l}{A}=\frac{\left(Z.m_p+(A-Z).m_n-m_X\right).C^2}{A}$

2. أ- كتابة معادلة انشطار نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$.

لدينا : ${}^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{94}_{38}Sr+{}^{139}_{54}Xe+a{}^{1}_{0}n$ ، حسب قانون إنحفاظ العدد الكتلي : $235+1=94+139+a$ ومنه : $a=3$.

إذن : ${}^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow{}^{94}_{38}Sr+{}^{139}_{54}Xe+3{}^{1}_{0}n$.

ب- التفاعل تسلسلي لأن النيترونات المنبعثة تستهدف بدورها أنوية يورانيوم أخرى محدثة تفاعلات إنشطارية وهكذا تتضاعف الآلية وتكون التغذية ذاتية .

3. حساب بـــ MeV كلا من : ΔE_1 ، ΔE_2 ، ΔE_3 .

ΔE_1 الطاقة الواجب تقديمها لنواة اليورانيوم 235 لفصلها إلى نويات (طاقة تماسك النواة)

وبالتالي : $\Delta E_1=E_l=\frac{E_l}{A}\left({}^{235}_{92}U\right)\times A=7,62\times235=1790,7MeV$.

ΔE_2 الطاقة المتحررة إثر تشكل نواتي ${}^{139}_{54}Xe$ و ${}^{94}_{38}Sr$ إبتداء من نكليونات معزولة وساكنة .

وبالتالي : $\Delta E_2=-\left[E_l\left({}^{94}_{38}Sr\right)+E_l\left({}^{139}_{54}Xe\right)\right]=-\left[8,62\times94+8,34\times139\right]=-1969,54MeV$.

ΔE الطاقة المتحررة عن إنشطار نواة اليورانيوم 235 إلى النواتين ${}^{139}_{54}Xe$ و ${}^{94}_{38}Sr$ إثر قذفها بنترون .

وبالتالي : $\Delta E=\Delta E_1+\Delta E_2=1790,70-1969,54=-178,84MeV$.

4. أ- حساب بالجول مقدار الطاقة المحررة عن انشطار $1g$ من ${}^{235}_{92}U$.

عدد أنوية اليورانيوم في $1g$ هي : $N=\frac{m}{M}N_A=\frac{1}{235}\times6,02\times10^{23}=2,56\times10^{21}noyaux$.

إذن : $E_{lib}=N.\left|\Delta E\right|=2,56\times10^{21}\times178,84=4,58\times10^{23}MeV$.

ومنه : $E_{lib}=4,58\times10^{23}\times1,6\times10^{-13}=7,33\times10^{10}J$.

ب- شكل الطاقة المحررة : طاقة حركية للجسيمات وطاقة حرارية إشعاعية .

التمرين الرابع عشر : علوم تجريبية 2011

يعتبر الرادون ${}^{222}Rn$ غاز مشع . ينتج بتفكك الراديوم Ra وفق المعادلة المنمذجة : ${}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}Rn \rightarrow {}^{A}_{Z}Ra$.

.1 أ- ما هو نمط الإشعاع الموافق لهذا التحول النووي ؟

ب- أوجد كل من A و Z .

.2 أ- احسب النقص الكتلي Δm لنواة ^{226}Ra معبرا عنها بوحدة الكتل الذرية u .

ب- اعط الصيغة الشهيرة لأنشطاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة –طاقة .

.3 باعتبار أن قيمة طاقة الربط E_l لنواة ^{222}Rn تساوي القيمة $27,36\times 10^{-11}J$.

أ- عرف طاقة الربط E_l للنواة .

ب- احسب النقص الكتلي Δm لنواة الرادون ^{222}Rn .

جـ- عرف طاقة الربط لكل نوية ، ثم استنتج قيمتها بالنسبة لنواة الرادون ^{222}Rn .

.4 في المفاعلات النووية يستعمل اليورانيوم المخصب كوقود ، حيث تحدث له عدة تفاعلات انشطار من بينها التحول المنمذج بالمعادلة :

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{139}_{54}Xe + 3{}^{1}_{0}n$$

أ- عرّف تفاعل الانشطار

ب- احسب الطاقة المحررة من جراء هذا التحول مقدرة بالـ MeV والجول (J) .

الحل المفصل :

.1 أ- التحول الموافق يحرر أنوية هليوم إذن نمط الإشعاع الموافق لهذا التحول النووي هو الإشعاع α .

ب- إيجاد كل من A و Z .

حسب قانون صودي نجد : إنحفاظ العدد الكتلي : $A = 222+4 = 226$ ، إنحفاظ العدد الذري : $Z = 86+2 = 88$

.2 **أ- حساب النقص الكتلي Δm لنواة ^{226}Ra .**

لدينا : $\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_{Rn}$ وبالتالي : $\Delta m = 88\times 1,007 + 138\times 1,009 - 225,977 = 1,881u$

ب- الصيغة الشهيرة لأنشطاين التي تعبر عن علاقة التكافؤ كتلة –طاقة .

العلاقة هي التي تُعطي طاقة الكتلة هي : $E = \Delta m.C^2$.

.3 لدينا طاقة الربط E_l لنواة ^{222}Rn تساوي القيمة $27,36\times 10^{-11}J$.

أ- تعريف طاقة الربط E_l للنواة .

طاقة الربط : هي أصغر طاقة لازمة لتفكيك النواة لمكوناتها (الطاقة اللازمة لتماسك النويات)

وتعطى عبارتها بـــالعلاقة $E_l = \Delta m.C^2 = \left(Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X\right).C^2$.

ب- حساب النقص الكتلي Δm لنواة الرادون ^{222}Rn .

لدينا : $E_l\left(^{222}Rn\right) = \Delta m.C^2$ وبالتالي : $\Delta m = \dfrac{E_l\left(^{222}Rn\right)}{C^2} = \dfrac{27,36\times 10^{-11}}{1,6\times 10^{-13}\times 931,5} = 1,836u$.

جـ- تعرف طاقة الربط لكل نوية ، ثم استنتاج قيمتها بالنسبة لنواة الرادون ^{222}Rn .

طاقة الربط لكل نوية : هي أصغر طاقة لازمة لفصل نوكليون واحد من النواة .

لدينا : $E = \dfrac{E_l}{A} = \dfrac{27,36\times 10^{-11}}{222} = 1,23\times 10^{-12}J = 7,69MeV$

.4 أ- **تعريف تفاعل الانشطار** : هو تفاعل نووي مفتعل ناتج عن انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين أخف وأكثر استقرار إثر قذفها بنترون ؛ حيث يحرر طاقة ونيترونات فيمكنه الإستمرار لإعطاء تفاعل متسلسل .

ب- حساب الطاقة المحررة بالـ MeV والجول (J) .

لدينا : $E_{lib} = \Delta m.C^2$ ، حيث : $\Delta m = (m_U + m_n) - (m_{Sr} + m_{Xe} + 3m_n) = m_U - m_{Sr} - m_{Xe} - 2m_n$.

وبالتالي : $\Delta m = 234,994 - 93,894 - 138,889 - 2 \times 1,009 = 0,193u$

إذن : $E_{lib} = 0,193 \times 931,5 = 179,78MeV$ وبالتالي : $E_{lib} = 179,78 \times 1,6 \times 10^{-13} = 2,87 \times 10^{-11} J$.

التمرين الخامس عشر : رياضيات وتقني رياضي 2011

1. من بين الأسباب المحتملة لعدم إستقرار النواة مايلي :
   - عدد كبير من النيوكلونات .
   - عدد كبير من الإلكترونات بالنسبة للبروتونات .
   - عدد كبير من البروتونات بالنسبة للنترونات .
   - عدد ضئيل من النيوكلونات .

اختر العبارات المناسبة .

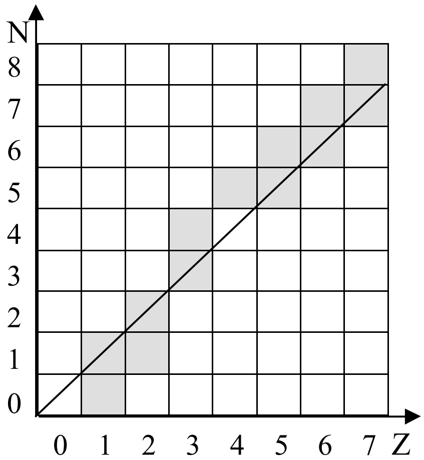
2. المخطط المرفق يضم الأنوية المستقرة للعناصر التي رقمها الذري محصور في المجال : $1 \leq Z \leq 7$. كيف تتوضع هذه الأنوية في المخطط (N, Z) (الشكل -3) ؟
3. بالنسبة للأنوية التالية : ${}^{14}_{5}B$ ، ${}^{12}_{5}B$ ، ${}^{8}_{5}B$ و ${}^{14}_{6}C$ ، ${}^{11}_{6}C$ وكذلك ${}^{16}_{7}N$ ، ${}^{13}_{7}N$ ، ${}^{12}_{7}N$ وباستخدام المخطط بَيِّن :

أ- مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^- .

ب- مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^+ .

جـ- ما الذي يميز كل مجموعة ؟

د- اكتب معادلة تفكك الكربون 14 .



الشـــكل – 3

الحل المفصل :

1. **من بين الأسباب المحتملة لعدم إستقرار النواة ما يلي :**
   - عدد كبير من النيوكلونات .
   - عدد كبير من البروتونات بالنسبة للنترونات .
2. تتوضع الأنوية التي رقمها الذري محصور في المجال $1 \leq Z \leq 7$ في المخطط (N, Z) بجوار الخط البياني الذي معادلته $N = Z$ (وادي الإستقرار) .
3. **أ-** مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^- هي : ${}^{12}_{5}B$ ، ${}^{14}_{5}B$ ، ${}^{14}_{6}C$ ، ${}^{16}_{7}N$.

ب- مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^+ هي : ${}^{8}_{5}B$ ، ${}^{11}_{6}C$ ، ${}^{12}_{7}N$ ، ${}^{13}_{7}N$.

جـ- تحديد مميزات كل مجموعة .

مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^- تتميز بعدد بروتونات أقل من النيترونات $Z < N$.

مجموعة الأنوية المشعة ذات نمط التفكك β^+ تتميز بعدد بروتونات أكبر من النيترونات $Z > N$.

د- معادلة تفكك الكربون 14 .

الكربون 14 مشع حسب النمط β^- إذن تكتب معادلة تفككه كمايلي : ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$.

التمرين السادس عشر : رياضيات وتقني رياضي 2011

تنشطر نواة اليورانيوم 235 ، عند قذفها بنترون بطيء ، وفق التفاعل ذي المعادلة : ${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{Z}Xe + x\,{}^{1}_{0}n$.

1. تستخدم النترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم . لماذا ؟
2. أكمل معادلة التفاعل النووي المبينة أعلاه .
3. فسِّر الطابع التسلسلي لهذا التفاعل ، مستعينا بمخطط توضيحي .
4. أ- احسب النقص في الكتلة Δm خلال هذا التحول .

ب- احسب بالجول الطاقة E_{lib} المحررة من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235 .

جـ- استنتج الطاقة المحررة من انشطار $m = 2,5g$ من اليورانيوم 235 .

د- على أي شكل تظهر هذه الطاقة ؟

5. ما هي كتلة غاز المدينة (غاز الميثان CH_4) اللازمة للحصول على طاقة تعادل الطاقة المتحررة من انشطار $m = 2,5g$ من اليورانيوم 235 ؟ علما أن احتراق $1mol$ من غاز الميثان يحرر طاقة مقدارها $8,0 \times 10^5 J$.

المعطيات :

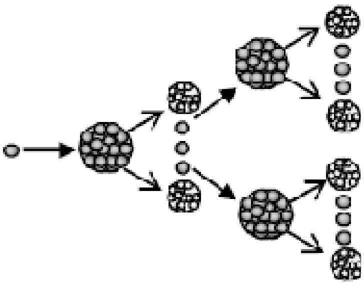
$m\left({}^{1}_{0}n\right)=1,00866u$ ، $m\left({}^{140}_{Z}Xe\right)=139,89194u$ ، $m\left({}^{94}_{38}Sr\right)=93,89446u$ ، $m\left({}^{235}_{92}U\right)=234,99332u$ ،

$M\left(CH_4\right)=16g.mol^{-1}$ ، $N_A=6,02\times 10^{23}mol^{-1}$ ، $c=3\times 10^{8}m.s^{-1}$ ، $1u=1,66\times 10^{-27}kg$.

الحل المفصل :

1. تستخدم النترونات عادة في قذف أنوية اليورانيوم لأنه ليس لها شحنة ؛ فلا تتأثر بالقوة الإلكتروستاتيكية الناتجة عن الشحنة .

2. كتابة معادلة التفاعل النووي .



حسب قانون انحفاظ العدد الكتلي فإن : $235+1=94+140+x$ وبالتالي : $x=236-234=2$.

حسب قانون انحفاظ العدد الذري فإن : $92=38+Z$ وبالتالي : $Z=92-38=54$.

ومنه : ${}^{235}_{92}U+{}^{1}_{0}n\rightarrow {}^{94}_{38}Sr+{}^{140}_{54}Xe+2\,{}^{1}_{0}n$.

3. تفسير الطابع التسلسلي لتفاعل الإنشطار .

يؤدي إنشطار النواة الأولى إلى تحرير نيترونات التي بدورها تستهدف أنوية يورانيوم أخرى وهكذا يتسلسل تفاعل الإنشطار

4. أ- **حساب النقص في الكتلة Δm .**

لدينا : $\Delta m=\left(m_U+m_n\right)-\left(m_{Sr}+m_{Xe}+2m_n\right)$ أي : $\Delta m=m_U-m_{Sr}-m_{Xe}-m_n$

وبالتالي : $\Delta m=234,99332-93,89446-139,89194-1,00866$ إذن : $\Delta m=0,19826u$.

ومنه : $\Delta m=0,19826\times 1,66\times 10^{-27}=3,29\times 10^{-28}Kg$.

ب- حساب بالجول الطاقة E_{lib} المحررة من انشطار نواة واحدة من اليورانيوم 235 .

لدينا : $E_{lib}=\Delta m.c^2$ وبالتالي : $E_{lib}=3,29\times 10^{-28}\times\left(3\times 10^{8}\right)^2=2,96\times 10^{-11}J$.

جـ- الطاقة المحررة من انشطار $m=2,5g$ من اليورانيوم 235 .

لدينا : $E_{lib}'=N\times E_{lib}$ حيث N عدد أنوية اليورانيوم 235 .

وبالتالي : $N=\dfrac{m}{M}.N_A$ إذن : $N=\dfrac{2,5}{235}\times 6,02\times 10^{23}=6,4\times 10^{21}noyaux$.

ومنه : $E_{lib}'=6,4\times 10^{21}\times 2,96\times 10^{-11}=1,9\times 10^{11}J$.

د- أشكال الطاقة المتحررة عن تحول نووي .

تظهر الطاقة المتحررة عن تحول نووي على شكل **طاقة حرارية** أو **طاقة حركية** لمختلف الجسيمات الناتجة .

5. تحديد كتلة غاز الميثان اللازمة للحصول على طاقة تعادل الطاقة المتحررة من انشطار $m=2,5g$ من اليورانيوم 235 ؟

عدد مولات غاز الميثان اللازمة للحصول على هذه الطاقة هو : $n=\dfrac{E'_{lib}}{8\times 10^{5}}=\dfrac{1,9\times 10^{11}}{8\times 10^{5}}=2,375\times 10^{5}mol$.

وبالتالي كتلة غاز الميثان اللازمة هي : $m=n.M=2,375\times 10^{5}\times 16=3,8\times 10^{6}g=3,8Tonnes$